

中等专业学校规划教材

煤矿机械修理与安装

唐殿全 郭振中 主编

煤炭工业出版社

77-407
7-758

中等专业学校规划教材

煤矿机械修理与安装

唐殿全 郭振中 主编

煤炭工业出版社

790902

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书较系统地介绍了矿山机械和通用机械零部件的修理、装配和安装技术。主要内容包括：机械零件的摩擦磨损与润滑，机械零件修理的一般工艺，通用零件的修理过程，煤矿机械设备的修理与装配，矿山机械的安装。全书采用新国标、新质量标准。

本书适用于煤矿中等专业学校机电、机械化专业，同时也可作为煤矿修配厂、坑口工程技术人员参考书。

中 等 专 业 学 校 规 划 教 材 煤 矿 机 械 修 理 与 安 装

唐殿全 **郭振中** 主编

责任编辑：刘永青

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092\text{mm}^{1/4}$ 印张 $16^{1/4}$

字数385千字 印数 1—4,865

1994年3月第1版 1994年3月第1次印刷

ISBN 7-5020-0896-9/TD·831

书号 3661 B0130 定价 7.50元

前 言

本书初稿，由大同煤校、峰峰煤校、鸡西煤校合编。是按1977年全国煤炭中等专业学校教育工作座谈会所订的“煤矿机械修理与安装”课程大纲编写的，1978年11月由大同煤校厂印刷，作为试用教材发行。

1982年煤炭工业部教育司教编室，委托郭振中同志，按照1981年修订的教学大纲作了修改，1983年由煤炭工业出版社出版，作为正式教材。

由于设备的更新换代，国家新标准的颁发，1983年的教材远不适应中国统配煤矿总公司教育局1986年下达的教学大纲要求。1990年矿机学科研究会向教编室建议重编《煤矿机械修理与安装》教材。1990年6月由教编室组织，按1986年中国统配煤矿总公司教育局颁发的《煤矿机械修理与安装》课程教学大纲编写。

本书绪论、第四章第一节、第五章第一节至第七节和附录由唐殿全同志编写；第一、二章和第四章第五节由郭振中同志编写；第三章和第五章第八节由张法平同志编写；第四章第二、三、四节由杨森同志编写。

本书统稿前，由薛炳锐、陆炳康、汪德成、李功熹同志审稿，在此致谢。

由于水平有限，书中难免有不妥之处，请读者提出批评指正。

编 者

1993年2月

11201/06

目 录

绪 论	1
第一章 机械零件的摩擦磨损与润滑	3
第一节 摩擦的本质和种类	3
第二节 磨损	6
第三节 润滑材料	12
思考题	26
第二章 机械零件修理的一般工艺	28
第一节 焊接修理法	28
第二节 电镀修理法	33
第三节 金属喷涂修理法	35
第四节 粘接修理法	37
思考题	38
第三章 通用零件的修理过程	40
第一节 零部件的修理过程	40
第二节 轴类零件的修整与装配	46
第三节 静配合联接件的装配	53
第四节 滑动轴承的修理与装配	63
第五节 滚动轴承	85
第六节 齿轮和蜗轮传动装置的修理装配	96
思考题和习题	111
第四章 煤矿机械设备的修理与装配	115
第一节 提升设备的修理与装配	115
第二节 往复式空气压缩机的修理与装配	127
第三节 排水设备的修理与装配	140
第四节 通风机的修理与装配	147
第五节 静平衡试验	152
思考题	158
第五章 矿山机械设备的安装	160
第一节 安装用的设备、工具、材料和技术文件	160
第二节 机器和基础的连接装置	161
第三节 安装工作中检验的基本方法	172
第四节 联轴器的安装与检查	179
第五节 提升机安装	191
第六节 其它固定设备的安装特点	209
第七节 试运转	224
第八节 设备修理安装常用材料	225
思考题和习题	230
附录一 煤矿固定设备检修质量标准摘录	233
附录二 矿山机械安装工程质量标准摘录	239

绪 论

随着煤炭工业的发展,煤矿生产和建设规模的不断扩大,机械化水平逐年提高,机械设备的种类、台数与日俱增,这就要求机械设备安装、维护、检修水平必须有相应的提高,以满足煤炭工业发展的需要。

加强设备的维护、检修,保证设备的完好率及安全运转,延长机器使用寿命,是机电技术人员的主要职责。

一台机器由设计到制造,经正确安装后才能使用。即使设计合理、制造合格,但由于安装质量达不到要求,也不能保证设备正常运转,并发挥其应有的效能。安装好的设备,在运转过程中,随时间的推移,零件必然发生磨损,使设备性能降低,甚至造成零部件损坏,不能正常运行。尤其是煤矿机械的工作环境恶劣,其磨损程度更为严重。因此,只有维护、检修工作做得好,才能延长机器的使用寿命,使设备在安全、高效状态下运转,保证煤矿生产的顺利完成。

煤矿机械设备品种、型号、规格繁多,只有掌握了它们的共同点和类型结构特点,才能正确地分析处理各类机器出现的问题。所有类型机械设备,不论其多么复杂,都是由若干个零、部件组成的。也就是由通用件、紧固件和类型结构件所组成的。就提升机来说,都有主轴装置、制动闸和减速器。主轴装置有:轴、轴承、键、卷筒(包括制动轮)、联轴器、螺钉、螺栓、螺母等;制动闸有:制动轮、闸瓦、销轴、螺钉、螺栓、螺母、垫圈等;减速器有:箱体、轴、齿轮、键、螺钉、螺栓、螺母、垫圈等。通用件为轴、轴承、齿轮、联轴器,紧固件为键、螺钉、螺栓、螺母、垫圈等,通用件和紧固件是机器的共同点;卷筒(包括制动轮)、闸瓦、箱体是机器的结构特点。

对任何一台机械设备的要求是:在安装上,机器与基础固定要牢固、保证机身的水平度和垂直度、两轴的同轴度和平行度,轴与轴承、齿轮等摩擦副要有良好的接触及适当的间隙,各零部件的装配、安装均应符合技术要求;在维护上,要按照使用要求,对那些易磨损或易损坏的相对运动件要及时润滑、调整配合间隙,定期清洗、换油(脂)。对易损件要有备件、加工图纸和易损件图册;在检修上,处理问题要及时,做到预防性检修,检修时要严格按检修工艺,认真执行检修装配质量标准。

要想做好设备的安装、运转、维护、检修工作,必须做到,懂工作原理,知运动形式,明结构特点,根据零部件的结构特点严格执行检修装配质量标准。设备安装除严格执行检修装配质量标准外,还要执行安装质量标准、设备的技术要求及安全操作规程,并且要有严格的维护、运转、检修制度。

煤矿机械修理与安装这门课程是《煤矿采掘机械》、《矿山运输与提升》、《煤矿流体机械》等专业课的继续和深入,是《工程力学》、《机械原理和机械零件》、《机械制图》、《金属工艺学》、《公差与配合及表面粗糙度》等专业基础课的实际应用。它主要研究机械设备的维护、检修、安装的理论 and 具体工艺方法及检测手段。

在学习过程中要掌握：零、部件的拆装程序及注意事项；零、部件各部分易出现的问题；鉴定零、部件损坏程度的标准；检修工艺、安装方法；检修装配、安装质量标准等。

教材中摘录了煤矿机电设备检修质量标准和煤矿机电设备安装工程施工质量标准，供同学们做作业和走向工作岗位后实际应用。

第一章 机械零件的摩擦磨损与润滑

机器在使用过程中失去正常的工作能力称为故障。机器发生故障后,其技术经济指标就会显著改变而达不到规定要求,如发动机功率下降,工作机构的工作能力或效率下降,冲击振动负荷加大,出现不正常的音响,工作温度升高,润滑油消耗量明显增加等。机械故障按其原因可分为事故性故障和自然故障两种。

事故性故障是由于维护和调整不当,违反操作规程或使用了质量不合格的零件和材料,致使零件加速磨损而引起。事故性故障是人为造成的,因而是应当避免的。

自然故障是机器在使用过程中,因为零件的持续摩擦导致零件局部磨损,或者因物理化学变化造成零件的变形、尺寸改变、断裂、腐蚀等致使零件失效所引起的。自然故障虽然是不可避免的,但是可以通过认识零件的摩擦与磨损规律,建立和保持合理的润滑,提高维护与修理水平,使机器的有效工作时间得到延长,推迟故障的发生。

本章主要介绍有关摩擦的本质、摩擦和磨损的种类、磨损的规律、影响磨损的因素,并且介绍各种常用润滑剂的性质、品种及选择等方面的基本知识。

第一节 摩擦的本质和种类

相接触的物体相互移动时发生阻力的现象叫摩擦。这种阻力叫摩擦力。摩擦力的特征是经常阻碍着两个摩擦物体间的相对运动,甚至会阻止运动的发生。促使两个相互压紧的摩擦物体间开始滑动所需要的切向力称为静摩擦力。而维持滑动继续进行所需要的切向力则是动摩擦力。通常动摩擦力小于静摩擦力。

相对运动着的物体在摩擦过程中,一部分机械能被转化为热能,因此,摩擦过程伴随着能量损耗。煤矿机械设备因摩擦而损耗的能量约占总能量的30%~35%。

一、摩擦的本质

(一) 滑动摩擦

当两个摩擦物体的粗糙表面相互靠近时,仅在个别点上发生接触,如图1-1所示,此时,接触点上的分子在分子引力作用下互相结合起来。当物体相对滑动时,这些结合遭到破坏,但同时又在新的接触点上结合。破坏这些结合就会使运动产生阻力。另外,两个接触面上凹凸不平的谷峰之间相互机械的啮合也会产生阻力。因此,总的摩擦力是由分子结合与机械啮合所产生的阻力的总和。这就是近代比较完整的分子机械摩擦理论。按照这个理论可以合理地解释下面的摩擦现象,即在负载为一定的条件下,当摩擦表面的粗糙度减小时,摩擦系数 f 降低到某一最小值 f_{min} ,相应的粗糙度为 H_{min} 。以后随着粗糙度的逐渐减小,摩擦系数反而逐渐增加,如图1-2所示,这是因为减小表面粗糙度会增加零件表面结合点的数量,所以摩擦表面之间的分子引力也就相应地增大,这时候影响摩擦力大小的主要因素是分子结合而不是机械啮合。当摩擦表面的粗糙度大于最适宜的粗糙度时,摩擦力大小将随着粗糙度的增加而迅速增加,这时影响摩擦力大小的主要因素是机械啮合而不是分子结合。实践证明,最适宜的粗糙度一般为 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 。

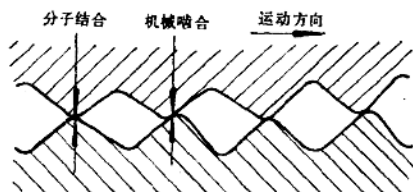


图 1-1 零件粗糙表面接触图

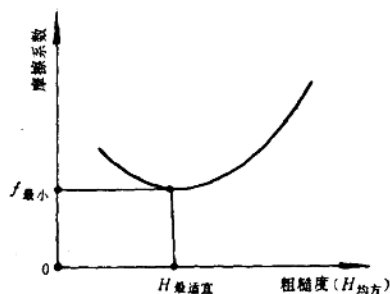


图 1-2 粗糙度与摩擦系数的关系曲线

(二) 滚动摩擦

滚动摩擦的阻力主要由微观滑动、弹性滞后、塑性变形、粘着效应四部分组成。

1. 微观滑动

零件接触面上存在有滑动摩擦的滑移区是造成滚动阻力的主要因素。如果两个相接物体的弹性模量不同, 由于滚动时的压力, 在两表面产生不相等的切向位移, 接触面上便有微观滑动出现。当滚动副传递较大的切向力时, 接触面上就有微观滑动区存在。此外, 两个相互滚动的物体由于接触表面上各点的切向速度不同, 也会导致微观滑动。这些滑动形成了摩擦阻力。

2. 弹性滞后

滚动过程中, 接触表面受到压缩应力和剪切应力的作用而产生弹性变形。弹性变形所需能量的主要部分在接触消除后恢复, 但是由于弹性滞后现象, 另一部分弹性变形能量造成了滚动摩擦阻力。

许多金属材料在低于弹性极限应力的作用下, 会产生弹性滞后现象。即弹性应变不是在应力作用的一瞬间产生, 而是需要应力持续充分时间后, 才会完全产生。当应力去除后, 变形也不是在一瞬间完全消失, 而是需要经过充分的时间后, 才完全消失。这种应变滞后于应力的现象称为弹性滞后现象。

3. 塑性变形

在零件滚动接触过程中, 当接触区表面的最大接触应力 p_{max} 与受压屈服极限 (σ_s) 满足 $p_{max} \approx 3\sigma_s$ 时, 就将首先在距离表面某一深度处产生塑性变形。随后塑性变形增大。塑性变形所消耗的能量组成了滚动摩擦阻力。

4. 粘着效应

滚动摩擦时, 相互紧压的表面由于分子的活动性和作用力, 可使接触点粘附在一起成为粘着结点。滚动时粘着结点沿垂直接触面方向在拉力下拉开, 这种拉开粘着结点的拉力称为粘着力。粘着力所消耗的能量, 虽然只占全部滚动摩擦阻力的一小部分, 但是也参予组成了滚动摩擦阻力。

在不同的接触几何形状和工况条件下, 有时某一种阻力占主要地位。在一般情况下, 常是几种阻力同时作用于滚动摩擦表面。

二、摩擦的种类

根据摩擦物体的运动状态, 摩擦可分为静摩擦和动摩擦两种。静摩擦的摩擦系数大于

动摩擦的摩擦系数。

根据摩擦物体的运动方式，摩擦可分为滑动摩擦和滚动摩擦两种。

根据摩擦物体表面的润滑程度，摩擦可分为干摩擦、液体摩擦、边界摩擦和混合摩擦等数种。

1. 干摩擦

在摩擦表面之间，完全没有润滑油和其他杂质，摩擦表面之间作相对运动时所产生的摩擦叫做干摩擦，如图 1-3 a 所示。例如，制动闸瓦与制动轮作相对运动时即产生干摩擦。干摩擦时摩擦表面上的磨损是严重的。但是，随着使用条件的不同，干摩擦的作用可能是有益的，也可能是有害的。如在各种摩擦传动装置和制动器中的干摩擦是有益的，而在各种滑动轴承中的干摩擦是有害的。

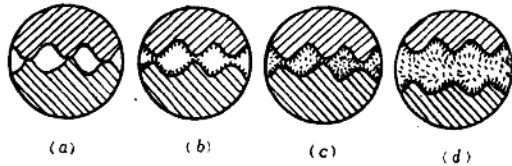


图 1-3 按润滑程度的摩擦种类

a—干摩擦；b—液体摩擦；c—边界摩擦；d—混合摩擦

由于摩擦面间存在着分子相互吸引力，所以不能单纯采用减小粗糙度的方法减小摩擦力。通过在摩擦面间引入润滑材料的方法，可以避免摩擦面直接接触，从而减小由于分子引力作用而产生的摩擦力。

2. 液体摩擦

在两个滑动摩擦表面之间，由于充满润滑剂，表面不发生直接接触，这时的摩擦不是发生在两摩擦表面上，而是发生在润滑剂内部，因此称为液体摩擦，如图 1-3 b 所示。液体摩擦的摩擦系数很小，大约 $f = 0.003 \sim 0.01$ 。液体摩擦时摩擦表面不发生磨损。

3. 边界摩擦

在两个滑动摩擦表面之间，由于润滑剂供应非常不足，无法建立液体摩擦，而只是在摩擦表面上形成一层厚度为 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 的极薄的油膜时发生的摩擦，如图 1-3 c 所示。因油膜顺着零件表面的边界分布，因此该油膜叫做边界膜，并把这种摩擦叫做边界摩擦。边界摩擦的摩擦系数 $f = 0.01 \sim 0.1$ 。边界摩擦是一种普遍的摩擦现象，例如普通滑动轴承、气缸与活塞环之间的摩擦便属于边界摩擦。即使是按液体摩擦设计的滑动轴承，在其启动和停止过程中，也会出现边界摩擦现象。

4. 混合摩擦

相对运动的两个零件表面之间，由于润滑剂供应不够完善，无法形成完全的液体摩擦，因而在摩擦表面上有部分表面发生干摩擦或边界摩擦，这种介于液体摩擦与干摩擦之间的过渡状态的摩擦，叫做半液体和半干摩擦，如图 1-3 d 所示。半液体摩擦和半干摩擦都叫做混合摩擦，这是因为半液体摩擦是指在摩擦表面上同时存在着液体摩擦和边界摩擦，而半干摩擦是指在摩擦表面上同时存在着干摩擦和边界摩擦。

混合摩擦常发生在下列几种情况下：机器在启动和制动时（如提升机的主轴滑动轴承）；配合零件作往复运动和摆动时（如压气机的活塞环）；机器的运动速度或负载剧烈变化时；机器在高温或高压下工作时；滑动轴承顶部间隙过大时；润滑油粘度过小或供应不足时。

第二节 磨 损

零件工作表面由于相对运动存在着摩擦现象,致使材料不断损失的过程称为磨损。当零件材料磨损超过一定限度时,零件间的合理配合性质遭到破坏,导致机器工作性能的降低或丧失。因此,磨损是机器零件因摩擦而产生的一种破坏现象,它毁坏零件摩擦表面,降低机器性能,增加能耗和材料消耗,减少机器寿命,直接影响机器的工作安全性和可靠性。据统计,机器在工作中大约有70%~80%的零件因磨损而报废。因此,在日常运转中必须尽力减小磨损的危害。

一、磨损的种类

根据零件磨损延续时间的长短,磨损可分为正常磨损和事故磨损两类。

1. 正常磨损

正常磨损是指机器在正常的工作条件下,经过长期运转后所形成零件一定程度的磨损。其特点是磨损速度均匀,磨损量缓慢地增加。因此,不会引起机器工作性能过早或迅速降低。

正常磨损是工作零件不可避免的客观规律,如果各种因素处理的合理,会减缓零件磨损速度,延长零件使用寿命。零件表面正常磨损速度与下列因素有关:

(1) 机器的构造特点:如作滚动摩擦比滑动摩擦耐磨,作圆周运动比往复运动耐磨。

(2) 工作条件:摩擦表面相对运动速度小,工作平稳,常温常压,环境灰尘小,启动次数少和润滑状况好的零件较为耐磨。

(3) 使用、保养、维修与装配质量:凡是对机器操作方法正确,精心维护保养,注重检修和装配质量的零件耐磨。

(4) 单位承压:单位面积承受压力小的零件耐磨。

(5) 零件材料:材料硬度高,减磨性能好(如巴氏合金)则耐磨;并且,当材料屈服极限 σ_s 较高时,则滑动摩擦表面的粘着磨损倾向小,滚动摩擦表面的疲劳过程时间长。

(6) 零件加工精度和表面粗糙度:零件加工的形状位置偏差小、表面粗糙度适宜时零件表面耐磨。

(7) 润滑剂的品种和性质:正确选择和使用润滑剂使零件减小磨损速度。

2. 事故磨损

事故磨损是指机器零件在不正常的工作条件下过早产生的磨损。其特点是磨损速度不均匀或突然加快,造成机器工作性能过早或迅速降低,甚至突然发生机器零件的损坏事故。通常机器的事故磨损和事故损坏的主要原因如下:

(1) 没有执行合理的操作规程和维护检修规程,破坏了机器正常工作条件。例如,当发现机器有异常表现时没有及时处理,不重视清理和清扫工作,润滑状况不良(油量不足、油质差、供油系统有缺陷),过负荷(超载、超速、超温、超压)运转等。

(2) 检修工作所采取的技术措施不合理;当磨损零件达到磨损极限时,没有进行检修更换或检修质量低劣。

(3) 因设计不合理,使机器在构造上存在缺陷,零件设计制造不良,出现了强度不足、应力集中较大以及热处理不当等。

(4) 零件材质低劣。铸造零件内部有砂眼、气孔或缩孔，锻造零件有裂纹等缺陷。

(5) 其他意外灾害。机器的摔伤、砸伤、误操作及违反操作规程等原因。

二、磨损的主要形式

磨损的过程很复杂，而且是一种微观过程，有许多细节问题的理论尚待不断研究完善。通常根据不同的磨损机理，将磨损分为粘着磨损、磨粒磨损、疲劳磨损、腐蚀磨损、微动磨损五种形式。

(一) 粘着磨损

当摩擦副相互接触时，由于表面具有粗糙度，在峰顶处压力较高，足以造成塑性变形。同时，由于产生了塑性变形热，使峰顶处表面温度升高，当温度升高到足以使金属局部软化或熔化时，就导致了接触区发生牢固的粘着或焊合。在相对滑动时粘着点被剪切，塑性材料被转移到另一零件表面上。此后出现粘着一剪断一再粘着的循环过程。这种当摩擦副相对运动时，由于固相粘着或焊合，接触表面材料从一个表面转移到另一表面的现象叫做粘着磨损。

1. 粘着磨损的种类

零件表面粘着程度不同，出现的磨损程度也不同。根据磨损程度的不同，粘着磨损可分为下面四种类型：

(1) 当剪切作用发生在较软一方金属浅层里面，较软一方金属涂抹在较硬一方金属表面上的粘着磨损，称为“涂抹”。如重载荷的蜗轮副蜗杆上常见涂抹。

(2) 如果剪切发生在较软金属层表层以下较浅的部位，破坏方式为沿着滑动方向产生细小的划痕，这种粘着磨损称为“擦伤”。有时较硬金属表面也会发生擦伤。如空压机的活塞环与气缸体之间，当热量积累达到熔点的程度即会导致擦伤。

(3) 当摩擦副表面局部温度较高，压力较大，粘接点剪切强度高于基体金属剪切强度时，在相对滑动时剪切作用发生在摩擦副一方或双方基体较深处，金属表面便产生“撕脱”性破坏，恰似较软金属胶合在较硬金属表面上被撕裂下来，使摩擦表面形成各种各样的沟痕，故称这种粘着磨损为“胶合”。如高速重载荷润滑不良的大型绞车主轴与轴瓦之间，齿轮副及蜗轮副经常发生此种磨损。

(4) 由于摩擦副表面瞬时闪发温度相当高，粘着区较大，粘结点的强度也相当高，粘结点不能从基体上剪切掉，以致造成零件相对运动中止的现象，称为“咬死”。咬死现象是胶合磨损的最严重表现形式，例如轴与轴瓦之间有时会发生咬死现象。

2. 提高粘着磨损耐磨性的措施

1) 合理选择摩擦副材料

脆性材料比塑性材料的抗粘着性能好。这是由于塑性材料的粘着破坏，常发生在离零件表面的一定深度处，磨损下来的颗粒较大，摩擦中因表面撕裂而变得粗糙。但脆性材料的粘着磨损产物多数呈金属粉末，破坏深度较浅。因此，象铸铁与铸铁相配合，其抗粘着效果好；而用完全退火钢组成的摩擦副抗粘着效果就不好。

两接触金属材料的粘着程度是和它们之间形成固溶体的能力有关。互溶性大的材料所组成的摩擦副粘着倾向大，互溶性小的材料所组成的摩擦副粘着倾向小。相同的金属或晶格类型、晶格间距相近的金属互溶性大而容易发生粘着。因此，为避免粘着磨损，不用同种金属组成摩擦副。例如铁和镍具有较大的溶解度，一对摩擦副不能都采用镍钢。铅及锡

在铁中的溶解度较小,用其做轴瓦的瓦衬材料(如巴氏合金、铅青铜、高锡铝合金等),抗粘着性能好。周期表中的B族元素与铁不相溶或能形成化合物,它们的粘着倾向小,而铁与A族元素组成的摩擦副粘着倾向大。

常用金属和非金属材料对钢的抗擦伤性能为:

(1) 抗擦伤性能很差的有:铍、硅、钙、钛、铬、铁、钴、镍、铈、钼、铌、铂、金等。

(2) 抗擦伤性能差的有:镁、铝、铜、锌、钨、钨等。

(3) 抗擦伤性能较好的有:碳、钨等。

(4) 抗擦伤性能好的有:锗、银、锡、铟、铅、铋等。

从金相结构方面看,多相金属因组织不连续,有利于控制粘着的发生和发展,比单相金属粘着倾向小。例如碳钢比单相奥氏体不锈钢的抗粘着性能好;铸铁也因是多相组织材料而不容易粘着或咬死,而广泛用于摩擦副配对材料。

金属化合物多相较单相固溶体粘着倾向小。例如含铬1.7%~2%的钢容易粘着,而18%的铬钢则对粘着磨损不敏感。这是因为前者大部分铬是以固溶体状态存在,而后者大部分铬是以碳化物(Cr_{23}C_6)的形式存在。

金属与非金属材料(如石墨、塑料等)组成的摩擦副和硬度高的材料同样具有较小的粘着磨损。

2) 合理选择润滑剂

合理选择润滑剂可使摩擦表面之间保持润滑油膜,防止金属表面直接接触,具有散热效果,显著提高抗粘着磨损的能力。

3) 减小摩擦表面粗糙度

减小摩擦表面粗糙度可使实际接触面积增加,各接触点的压力减小,有利于改善粘着磨损倾向。例如工程上一对新制摩擦副采用逐渐加载跑合的方法,就是为了增加接触面积。但过低地减小表面粗糙度,因润滑剂不能储存于摩擦面内,又会导致粘着磨损。

4) 采用其它工艺

采用电镀、表面化学处理、表面热处理、喷镀或堆焊等工艺,均可防止粘着磨损的发生。

5) 控制 Pv 值

摩擦表面的温度与摩擦表面承受的载荷(P)及相对滑动速度(v)成正比。因此,控制 Pv 值,采取冷却措施,都是防止由于温度升高而产生粘着磨损的有效方法。

(二) 磨粒磨损

由硬质物体或硬质颗粒的切削或刮擦作用引起表面材料脱落的现象,称为磨粒磨损。煤矿机械中的许多零件与矿石、煤粒或泥砂直接摩擦,形成不同种类的磨粒磨损,据统计在各类磨损中,磨粒磨损大约占一半左右,在煤矿机械中占的比例更大。

1. 磨粒磨损的种类

1) 切削式磨粒磨损

岩石或其他粗大磨粒对零件表面产生碰撞,磨粒以很大的冲击力切入零件表面,并切下较大的金属颗粒,使零件表面产生较深的沟槽。例如刮板运输机的溜槽和落入硬质颗粒的齿轮齿面常见此类磨损。

2) 高应力碾碎式磨粒磨损

当两个零件表面夹着的磨粒所受到的压应力, 大于磨粒的压溃强度时, 磨粒被粉碎。由于磨粒能嵌入或刮伤零件表面, 因此在接触点处作用有集中的高应力, 对于韧性金属材料可产生塑性变形或疲劳损坏, 对于脆性金属材料可发生碎裂或剥落。例如经常与煤粉和砂石相接触的开式传动齿轮齿面常有此类磨损。

3) 低应力擦伤性磨损

这类磨损是磨粒以某种速度较自由的运动而与零件表面相接触时发生的。其作用力不足以把磨粒破碎, 磨粒通常悬浮于一种流体(空气、水、油)中而被输送。如砂粒滑下斜槽时, 由其自重产生速度并引起磨损; 又如矿井水中的泥砂对水泵水轮叶片和导翼叶片的冲刷作用造成的磨损等即属这种磨损。

2. 提高磨粒磨损耐磨性的措施

(1) 一般情况下, 提高材料的硬度可以提高耐磨性。但在重载荷和受冲击振动的情况下, 必须首先考虑材料的韧性和强度, 然后再考虑材料的硬度, 以防脆断或早期破坏。

(2) 利用各种表面处理工艺改变表面特性以提高材料耐磨性。如采用电镀铬、各种渗入工艺、喷涂、堆焊、冷硬铸(灰口铸铁和某些钢的表面白口化)及火焰表面淬火等工艺, 是效果较好的方法。

(3) 对于粗糙硬表面把软表面划伤的磨粒磨损现象, 应减小表面粗糙度。对于外界磨粒侵入摩擦面而引起的磨粒磨损, 在设计中应解决好密封措施及油的清洁过滤工作, 并注意做好铁末和其他磨粒的清理排出工作。

(三) 疲劳磨损

当两接触表面作滚动或滚动与滑动复合摩擦时, 在交变接触应力作用下, 使表面金属断裂, 从而形成点蚀或剥落的现象称为疲劳磨损。如齿轮副、滚动轴承、钢轨与轮箍及凸轮副都能产生疲劳磨损。

1. 疲劳磨损的种类

1) 非扩展性疲劳磨损

当新制摩擦副的摩擦表面接触点较少时, 单位面积压力较大, 容易产生较小的疲劳麻点。但随着工作中零件表面的磨合, 实际接触面积增大, 单位面积承受的压力降低, 疲劳麻点停止扩大, 因此不会明显地影响零件的正常工作。

2) 扩展性疲劳磨损

当作用在两接触面上的交变应力较大, 或材料、润滑油选择不当时, 出现的疲劳小麻点数量不断增加, 进而使麻点相互连接, 形成痘斑状凹坑, 甚至大面积剥落。由此可使摩擦副在工作中噪音增加, 振动加大, 温度升高, 进而使磨损继续加剧。

2. 提高疲劳磨损耐磨性的措施

1) 合理选择材料

钢材中的杂质较多时对疲劳磨损有严重影响。因为杂质破坏了基体的连续性, 当作用交变应力时, 容易与基体脱离形成空穴。空穴棱边尖角应力集中, 使基体变形和硬化, 进而产生裂纹形成早期破坏。

镇静钢脱氧完全, 内部杂质较少, 成分偏析程度较小, 冲击韧性较高, 与沸腾钢相比更适于制造承受负载较大和负载变化较大的结构零件。

在某些情况下铸铁的抗疲劳磨损能力优于钢。这是因为钢中的微裂纹受摩擦力的影响具有一定的方向性，并且在裂纹内容易渗入润滑油，当滚动物体接触到裂纹裂口时，将裂纹口封住，裂纹中的润滑油被堵塞在裂纹内，使裂纹内壁产生巨大压力，迫使裂纹向前发展。而铸铁基体组织中含有石墨，裂纹沿着石墨发展没有一定的方向性。

2) 提高材料表面硬度

一般来说，表面硬度越高，产生疲劳裂纹的危险性越小，因此抗疲劳磨损能力越强。通常钢材表面硬度为HRC62时，抗疲劳磨损能力为最大。此外，钢材芯部硬度越高，产生疲劳裂纹的危险性也越小。因此，对于渗碳钢应合理地提高芯部硬度，对于淬火钢应尽量使芯部淬透，但不能无限地提高芯部硬度，否则韧性太低也容易使材料断裂。

选择齿轮副硬度时，对硬齿面不需要再考虑硬度问题。但对软齿面，应该使小齿轮硬度大于大齿轮，这样有利于跑合，并且硬齿面对软齿面产生冷作硬化作用，有效地提高齿轮的寿命。

3) 选择合适的润滑油

通常润滑油的粘度越高，抗磨损能力也越高。这是因为粘度低的润滑油容易渗入微裂纹中，而粘度高的润滑油在接触区能够较好的起到均化接触应力的作用，并且能够缓和冲击，从而相对地降低了最大接触应力值。

4) 适当减小表面粗糙度

适当减小表面粗糙度对零件疲劳寿命有显著的改善，但超过一定界限后，影响则不明显。并且零件表面硬度越高，要求粗糙度也越小。

5) 进行表面处理

零件表面进行喷丸及滚压处理，可增加摩擦表面的硬度，同时利用了材料塑性通过机械力量去除了原有的微裂纹等缺陷。其他如渗碳和淬火等处理方法，可使材料表面层在一定深度范围内存在有利的残余压应力，能够提高接触疲劳抗力，减小疲劳磨损。

(四) 腐蚀磨损

摩擦材料与周围介质发生化学或电化学反应，引起材料脱落的现象称为腐蚀磨损。金属材料在高温或潮湿的环境中通常会加剧腐蚀。常见的腐蚀磨损分为氧化磨损、特殊介质腐蚀磨损和气蚀磨损。

1. 氧化磨损

大气中的氧气使金属表面生成氧化膜，避免了金属之间直接接触，磨损过程是通过氧化物的磨损进行的。通常金属表面与氧化介质的反应速度很快，形成的氧化膜从表面磨损后，又很快形成新的氧化膜，然后又被磨损掉。一般在空气中的金属材料磨损速度较小，磨损发生后钢件磨屑为红褐色片状 Fe_2O_3 或者是灰黑色的丝状 Fe_3O_4 。金属表面沿滑动方向呈均匀细磨痕。

2. 特殊介质腐蚀磨损

特殊介质腐蚀磨损是一种金属表面与酸、碱、盐等特殊介质起作用而形成的磨损。与氧化磨损相比较，具有磨损速度大，磨损痕迹深等特点。

3. 气蚀磨损

零件与液体接触并作相对运动时，当液体与零件表面接触处的局部压力低于液体蒸发压力时，将形成气泡。与此同时，溶解在液体中的气体也可能析出形成气泡。如果这些气

泡流到了大于气泡内压的高压区,迫使气泡破灭,瞬间产生极大的冲击及高温。气泡的形成和破灭的反复作用,使零件表面材料产生疲劳而逐渐脱落形成麻点,随后扩展呈泡沫海绵状,这种磨损称做气蚀磨损。水泵中的有关零件经常发生这一类磨损。

(五) 微动磨损

微动磨损是一种典型的复合式磨损,它是在两个零件表面之间由于振幅很小(小于 $100\mu\text{m}$,一般为 $2\sim 20\mu\text{m}$)的相对振动而产生磨损的。

通常在静配合的轴与孔表面,某些片式摩擦离合器内外摩擦片的接合面上,以及一些受振动影响的联接件(花键、销、螺钉)的接合面上等,都可能出现微动磨损。

微动磨损可显著地使金属表面层质量变坏,如表面变的粗糙,表面层内出现微观裂纹等,降低了材料的疲劳强度。

微动磨损的发生过程为:接触压力使摩擦副表面的凸起部分发生塑性变形和粘着。小幅振动使粘着点剪切脱落,并且产生磨屑,露出基体金属表面。这些脱落颗粒及新表面又与大气中的氧反应,生成以 Fe_2O_3 为主的氧化物磨屑。这些磨屑也起着磨粒的作用,使接触面之间产生磨粒磨损。如此循环不止,有的润滑油还会流出红褐色的胶体。由此可见,微动磨损是由粘着磨损、腐蚀磨损和磨粒磨损复合作用的结果。

微动磨损的特征是摩擦表面有较集中的凹坑,磨损产物是红褐色氧化铁细粒。若振动应力足够大时,微动磨损处能形成表面应力源,使疲劳裂纹发展,进而导致零件的完全破坏。通常应用二硫化钼润滑剂具有良好的抗微动磨损能力。

综上所述,为了减小各种磨损,应该尽力做好以下几方面工作:建立液体摩擦条件,保持合理的润滑,保证零件材料具有足够的硬度和韧性;使零件表面具有合理的粗糙度;对零件表面进行某种表面处理;注意零件的工作温度和考虑散热措施;减小工作表面上的单位面积压力和减小冲击载荷等都是提高零件耐磨性的有效方法。

三、磨损的规律

机器在运转过程中,每个零件的磨损速度是不一致的,但是它们的基本变化规律是相同的。图1-4为机械零件磨损量与工作时间的磨损规律曲线,其磨损过程可分为三个阶段。

图中第Ⅰ阶段(oa 段)为跑合磨损阶段。它发生在新制零件表面刚开始工作的一段时间内,是零件新装配或修理好后的初磨阶段,零件表面具有一定的粗糙度,实际接触面积较小,单位接触面积实际载荷较大,磨损速度较快,其磨损主要由磨粒磨损和粘着磨损构成,因此曲线上升较快。但是,随着跑合的进行,表面粗糙波峰逐渐被磨平,实际接触面积逐渐增大,峰顶处也同时发生塑性变形而产生冷作硬化,提高了表面耐磨性,使磨损速度由开始的最大值(o 点斜率)而逐渐降低(a 点斜率)。跑合前后的粗糙度波峰变化见图1-5。

图中第Ⅱ阶段(ab 段)为稳定磨损阶段。这一阶段磨损速度缓慢稳定,工作时间最长。它的特点是磨损速度近似不变,线段斜率为磨损速度。

图中第Ⅲ阶段(bc 段)为剧烈磨损阶段。经过较长时间的稳定磨损以后,摩擦表面之间的间隙和表面形态改变,并且产生表面疲劳现象,致使磨损速度急剧增长,机械效率下降,配合精度丧失,产生异常噪音及振动,摩擦副温度迅速升高,最终导致零件失效。

零件的正常工作时间(检修周期),可用下式计算

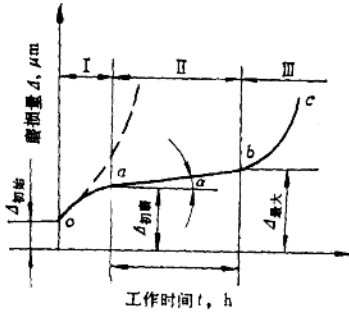


图 1-4 磨损规律曲线

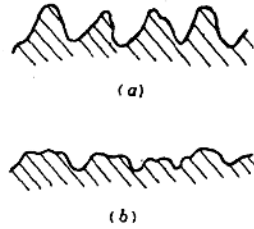


图 1-5 跑合磨损阶段的粗糙度

a—跑合前；b—跑合后

$$T = \frac{\Delta_{\text{最大}} - \Delta_{\text{磨合}}}{\text{tg } \alpha} \quad (1-1)$$

式中 T —— 零件正常工作时间, h;

$\Delta_{\text{磨合}}$ —— 滑动摩擦零件之间由最初配合间隙经过第 I 阶段磨损后得到的间隙值;

$\Delta_{\text{最大}}$ —— 滑动摩擦零件之间经过磨损后的最大允许配合间隙, 通常 $\Delta_{\text{最大}} = (2 \sim 5) \Delta_{\text{磨合}}$,
对低速重载取大值, 对高速轻载取小值;

$\text{tg } \alpha$ —— 零件磨损速度, $\mu\text{m/h}$ 。

各类零件的磨损速度是不一致的, 它的数值可以通过试验确定。

一般情况下对新安装和刚检修过的机器, 在正式使用前应进行试运转, 先由空转开始, 逐渐加大载荷, 经历跑合磨损阶段, 以后在工作中就可以使机器处于稳定磨损阶段。若工作条件恶劣不能建立稳定磨损阶段, 而是由短暂的跑合后立即转入剧烈磨损阶段, 如图 1-4 中虚线所示, 零件将很快报废, 这是应该尽力避免的。

第三节 润 滑 材 料

合理的润滑是保证机器正常运转和延长机器使用寿命的必要条件。正确选择润滑材料, 又是解决好机器润滑的一个重要环节。本节主要介绍煤矿机械日常运转中, 对润滑材料的正确使用和选择方法。

一、润滑材料的作用和分类

1. 润滑材料的作用

(1) 减摩作用。各种润滑材料主要用于减小摩擦表面的摩擦阻力。

(2) 冷却作用。机器运转时, 因摩擦而消耗的机械能转化为热能, 引起摩擦面温度升高, 摩擦阻力越大温度升高越剧烈。润滑材料可以降低摩擦阻力, 减小发热量。并且通过润滑材料的流动将热量转移, 起到冷却作用, 降低机器的使用温度。

(3) 冲洗作用。润滑材料流动时, 能将摩擦表面间隙中的金属屑和其它硬粒杂质冲走, 将其带到油箱或滤油器中, 从而减小摩擦表面的磨粒磨损。

(4) 密封作用。润滑材料通过狭小间隙时要克服很大阻力, 形成所谓“间隙密封”, 减小或避免了润滑材料的散失。